# Virüsler: Canlılık ve Cansızlık Sırında Bir Tefekkür

Ders Sunumu

*Teradigma*

# Hayat Nedir? Sınırda Bir Varlık

Biyolojinin en temel sorusu olan "hayat nedir?" sorusunun sınırları virüslerle birlikte bulanıklaşır.

### Bir yanda

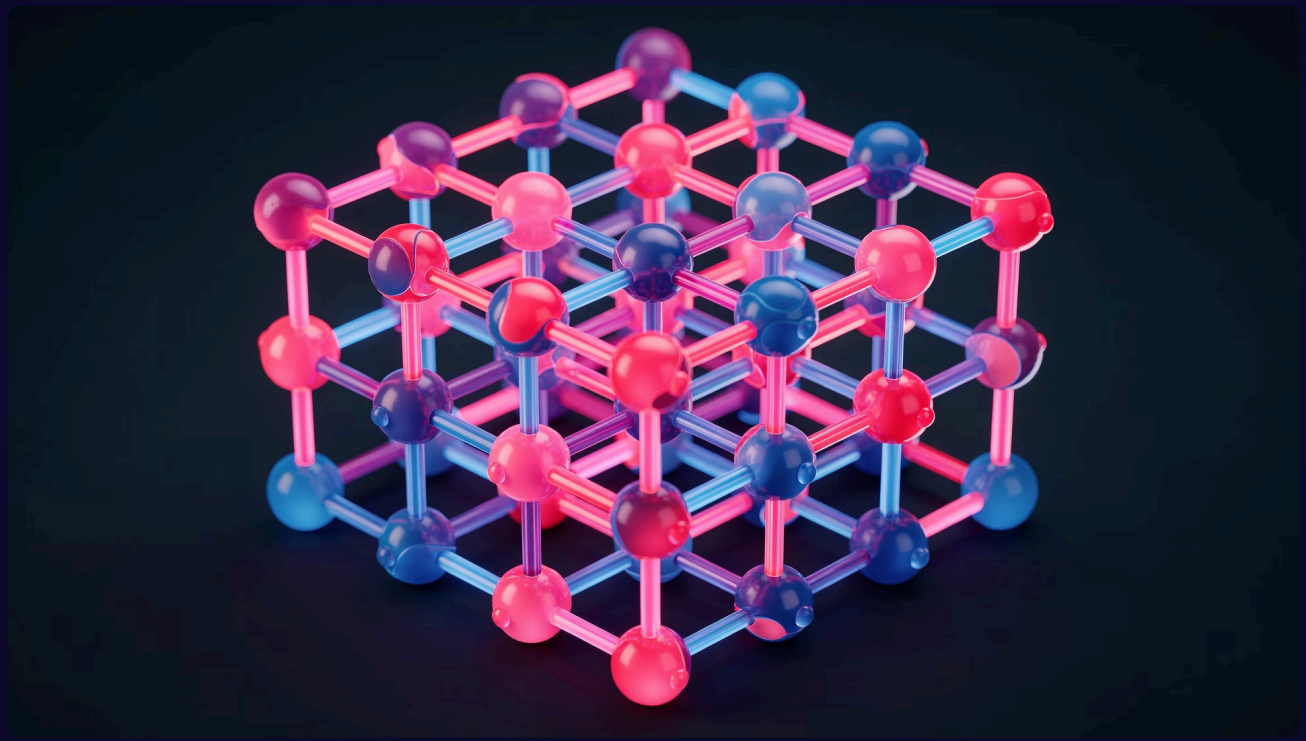
Genetik plan taşıyan, konak içinde çoğalan yapılar

### Diğer yanda

Hücresiz, metabolizmasız, konak dışında atıl birer kimyasal paket

> **Tefekkür:** Cansız bir kimyasal paketin, bir hayat fabrikasını en ince ayrıntısına kadar yeniden programlayacak bilgi ve planı taşıyor olması, varlığın ardındaki sanata ve hikmete bir pencere açar.

# Virüsün Cansızlık Yönleri



## Hücresel Yapıdan Yoksun

Hücre zarı, sitoplazma, ribozom, mitokondri bulunmaz

## Bağımsız Metabolizma Yok

Kendi ATP'sini üretemez

## Atıl Kimyasal Partikül

Konak dışında tuz kristali gibi kristalize edilebilen atıl bir kimyasal partikül halindedir

# Virüsün Canlılık Yönleri

### Genetik Materyal

DNA veya RNA'dan oluşan genetik materyal taşır; bu bilgiyi nesiller boyu aktarır

### Konak Yeniden Programlama

Konak hücreye girdiğinde o hücrenin tüm sistemlerini yeniden programlayarak kendi kopyalarını ürettirir

### Uyum ve Varyant

Genomunda meydana gelen değişimler neticesinde çevre koşullarına uyum gösteren yeni varyantlar ortaya çıkabilir

### Çevreye Tepki

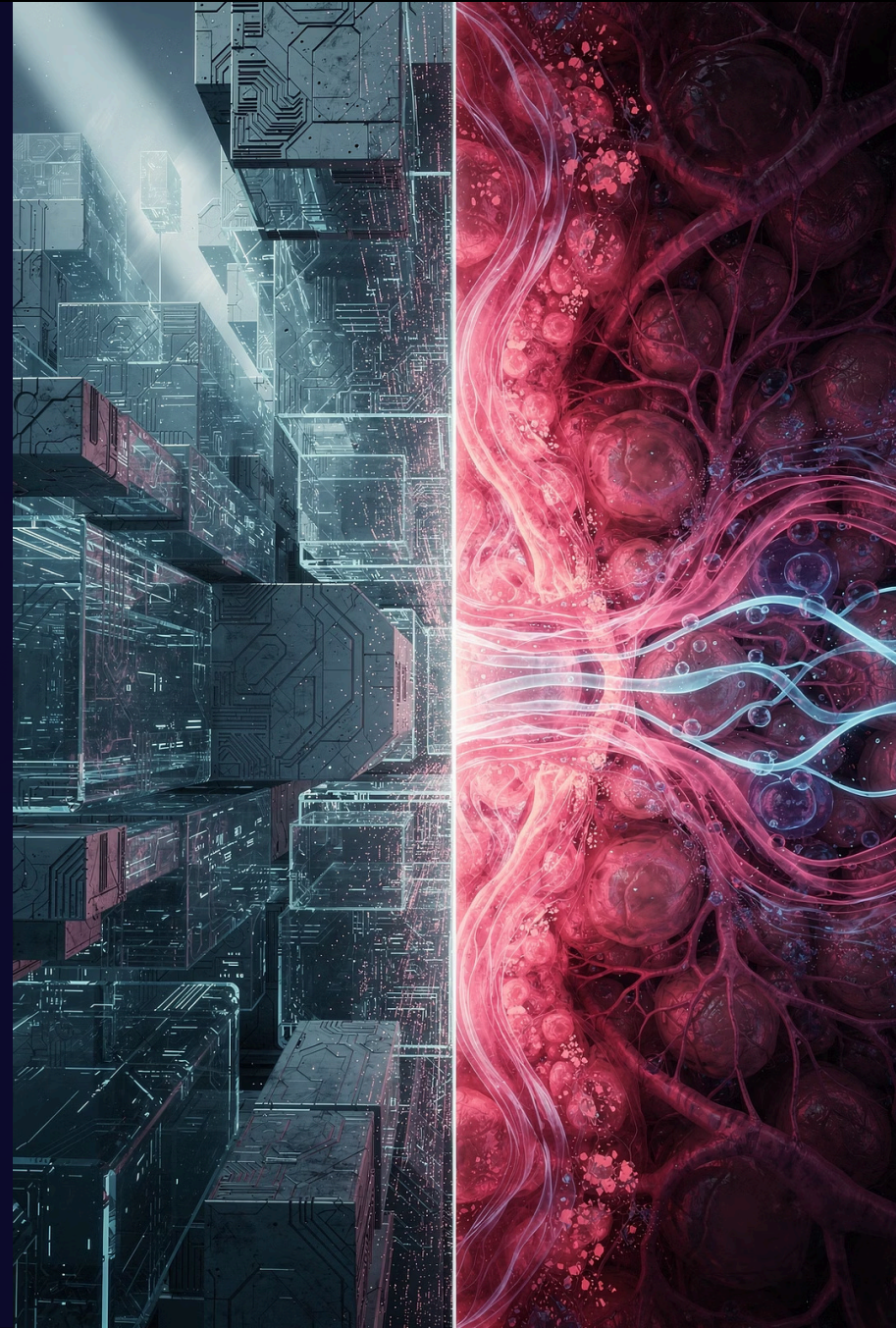
Konak hücre yüzeyindeki belirli molekülleri tanıyıp bağlanması, bir nevi çevreye tepki verme olarak yorumlanabilir

# "Ödünç Alınmış Hayat": İki Âlemin Sınırında

Virüsleri "canlı" veya "cansız" olarak etiketlemek yetersiz kalır; onların durumu en iyi **"ödünç alınmış hayat"** kavramıyla açıklanabilir.

> Konak dışında virüs, saf ve paketlenmiş bir veriden ibarettir. Bu veri, ancak önceden var olan canlı bir sistem tarafından okunup işleme konulduğunda "hayat benzeri" özellikler ortaya çıkar.

Bu durum, biyolojide **plan** (genom) ile **icra** (hücresel mekanizmalar) arasındaki ayrımı en keskin biçimde gözler önüne serer.

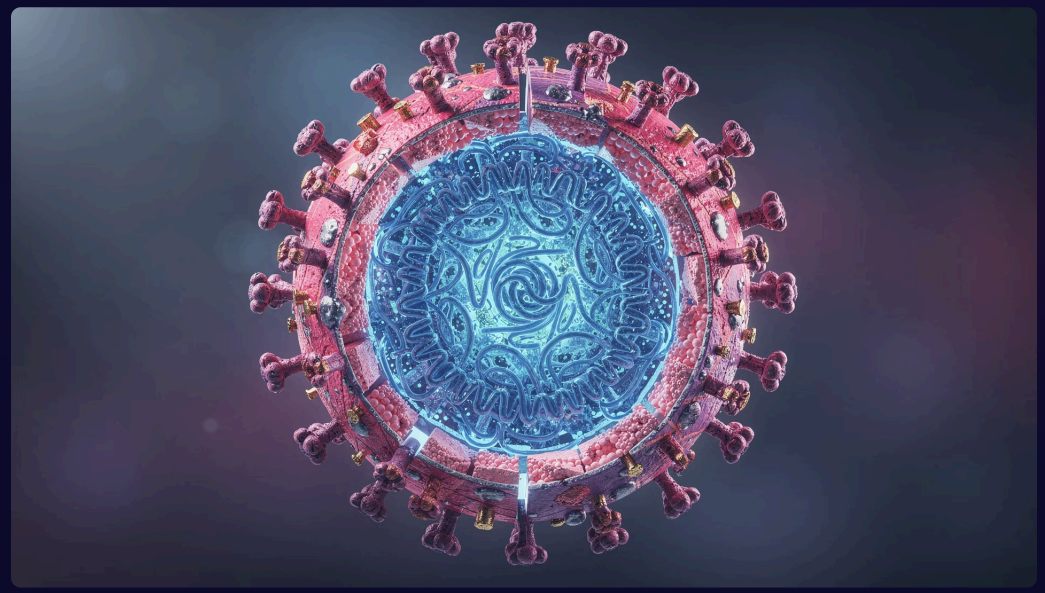


# Hücresel Yaşamla Karşılaştırma

| Özellik | Virüsler | Hücresel Yaşam |
| --- | --- | --- |
| Hücresel yapı | Yok | Hücre zarı, sitoplazma ve organeller bulunur |
| Metabolizma | Yok | ATP sentezi ve biyokimyasal reaksiyonlar vardır |
| Çoğalma | Yalnızca konak hücre içinde | Bağımsız bölünmeyle |
| Genetik materyal | DNA *veya* RNA (ikisi bir arada bulunmaz) | Daima DNA |

# Virionun Mimarisi: Genetik Materyal ve Kapsid

Konak dışındaki tam virüs parçacığına **virion** adı verilir; bu yapı rastgele bir molekül yığını değil, hassas biçimde kurulmuş bir mimaridir.



1

### Genetik Materyal

Merkezde DNA ya da RNA formunda bir genom bulunur; bu iki tür aynı anda bulunmaz

2

### Kapsid

Genomu çevreleyen koruyucu protein kılıftır; "kapsomer" adlı alt birimlerin termodinamik olarak en kararlı yapıyı oluşturacak şekilde bir araya gelmesiyle meydana gelir

3

### Kapsidin Görevleri

Genomu dış ortamın yıkıcı etkilerinden korumak ve konak hücreye tutunma için gerekli yüzey yapısını sağlamak

# Kapsid Mimarisindeki Geometri

Kapsid yapıları yüksek derecede düzenli ve simetrik geometrik formlar sergiler:

## Helikal (Sarmal) Yapılar

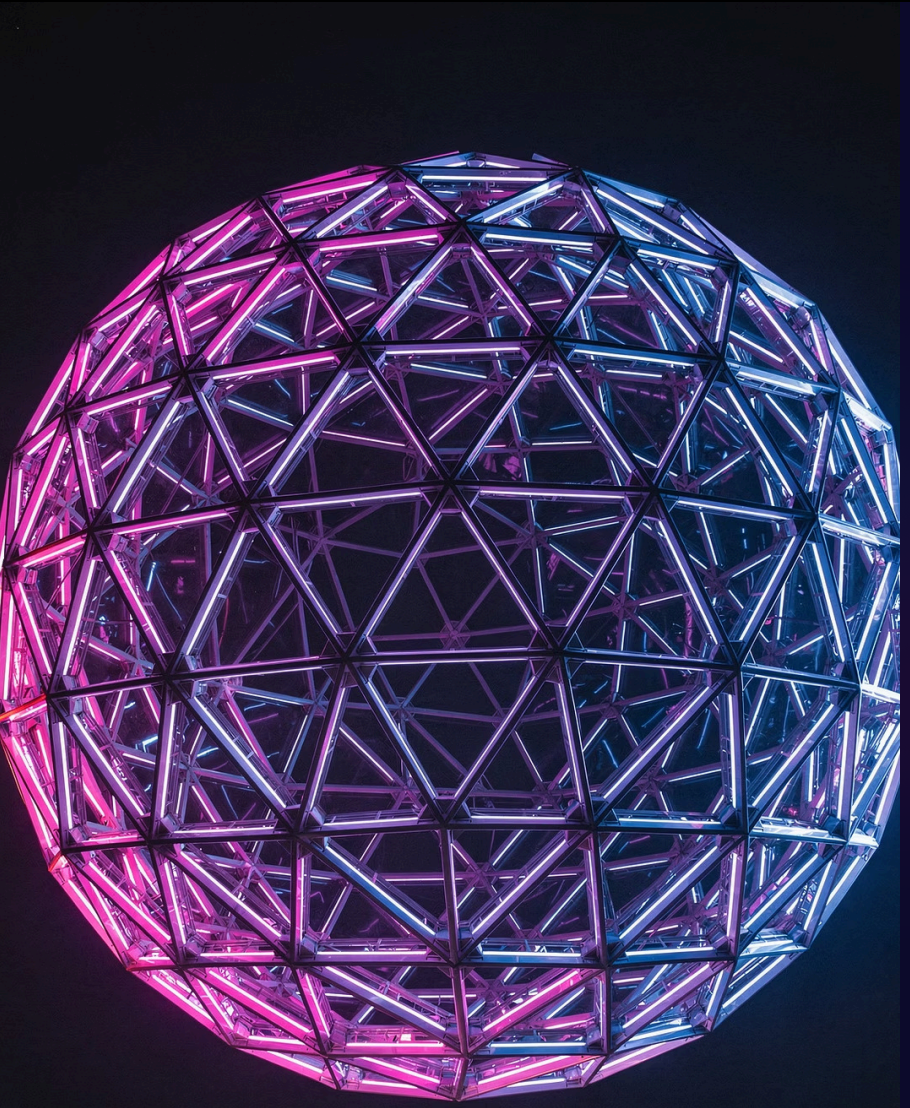
Protein alt birimlerinin sarmal düzende dizilmesiyle oluşan uzun tüp benzeri kapsid yapısı

## Kompleks Yapılar

Bakteriyofajlardaki gibi baş ve kuyruk kısmından oluşan karmaşık mimari

## İkozahedral (Çok Yüzlü) Yapılar

20 eşkenar üçgen yüzden oluşan Platonik cisim; sınırlı sayıda özdeş alt birimle kapalı küresel hacim oluşturmanın geometrik olarak en verimli yolu



# Geometrideki Sanat: İkozahedron ve Genetik Ekonomi

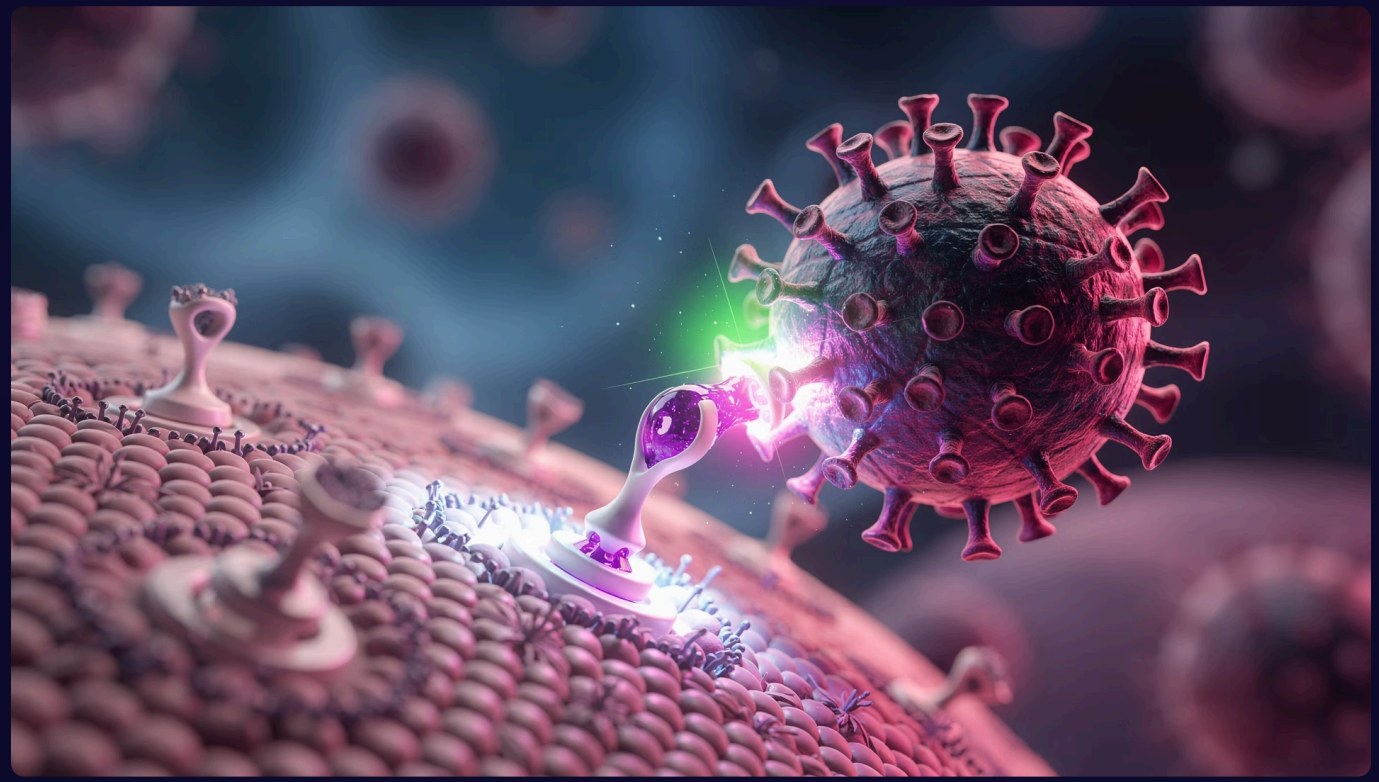
Sınırlı genetik bilgiyle maksimum işlevsellik elde etme prensibine **genetik ekonomi** adı verilir; ikozahedral yapı bu zorunluluğa verilmiş en optimal cevaptır.

> Buckminster Fuller'ın jeodezik kubbe tasarımlarıyla çarpıcı bir benzerlik taşır: minimum malzeme ile maksimum dayanıklılık ve hacim. Bir virüs kapsidi, moleküler ölçekte inşa edilmiş kusursuz bir jeodezik kubbedir.

Sanat, amino asitlerin kendisinde değil; hangi sırada dizileceğini, nasıl katlanacağını, hangi açılarla birleşeceğini belirleyen **bilgide**, yani genetik kodda şifrelenmiştir.

# Litik Döngü — Bağlanma ve Giriş

Virüslerin çoğalması hücrelerin bölünmesiyle değil, bir **montaj süreci** ile gerçekleşir. Litik döngünün ilk iki adımı:



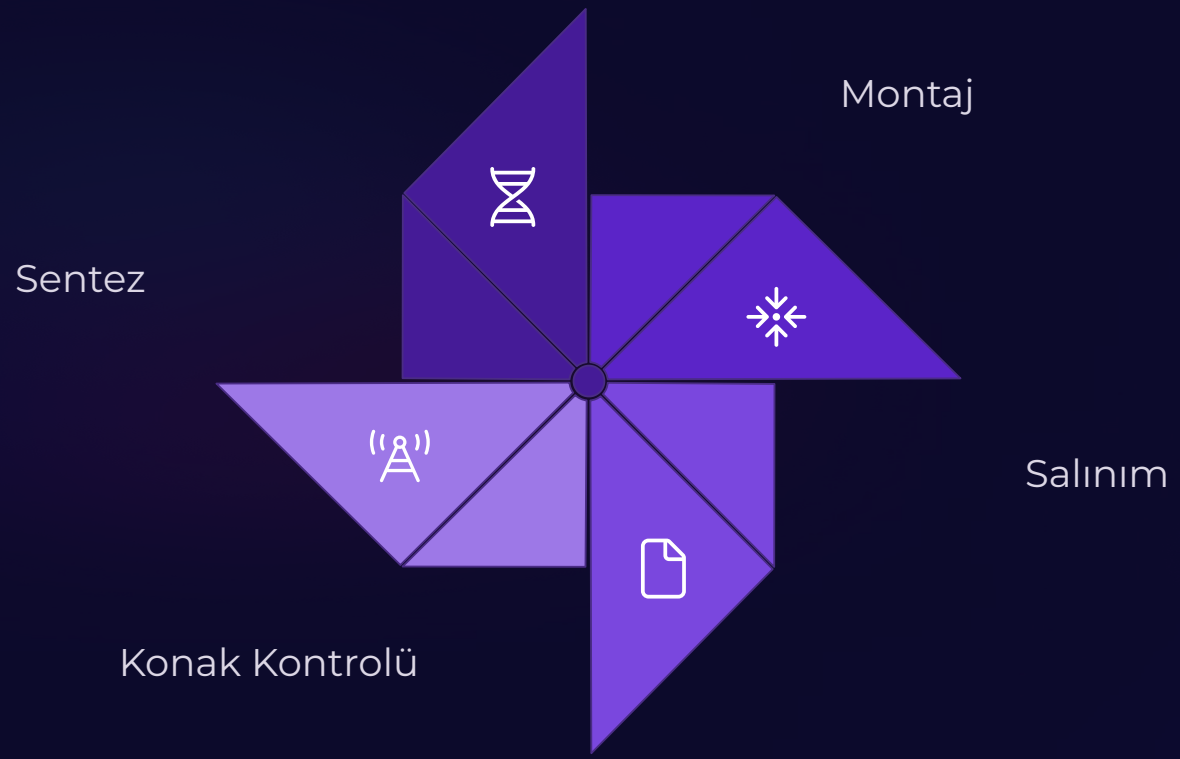
### 1 Bağlanma

Virion yüzeyindeki proteinler, konak hücre yüzeyindeki kendine özgü reseptörlere moleküler anahtar-kilit uyumuyla bağlanır

### 2 Giriş

Viral genom hücrenin içine aktarılır

# Litik Döngü — Sentez, Birleşme ve Salınım




Viral genom hücrenin metabolik kontrolünü devralır; tüm kaynaklar yeni viral genomlar ve proteinler sentezlemek için kullanılır. Yeni sentezlenmiş bileşenler önceden belirlenmiş bir plana göre bir araya getirilerek yüzlerce yeni virion oluşturulur. Viral genom tarafından kodlanan enzimler hücre duvarını parçalar; hücre lizise uğrar ve yeni virionlar çevreye saçılır.

# Lizogenik Döngü — Entegrasyon ve Sessiz Yayılma

## Entegrasyon

Viral DNA, konak hücrenin kromozomuna entegre olur; bu entegre forma **profaj** adı verilir; virüs konak hücreye zarar vermeden uykuda kalır

## Çoğalma

Konak hücre her bölündüğünde kendi DNA'sıyla birlikte profajı da kopyalayarak yavru hücrelere aktarır; viral genom konak popülasyonunda sessizce yayılır

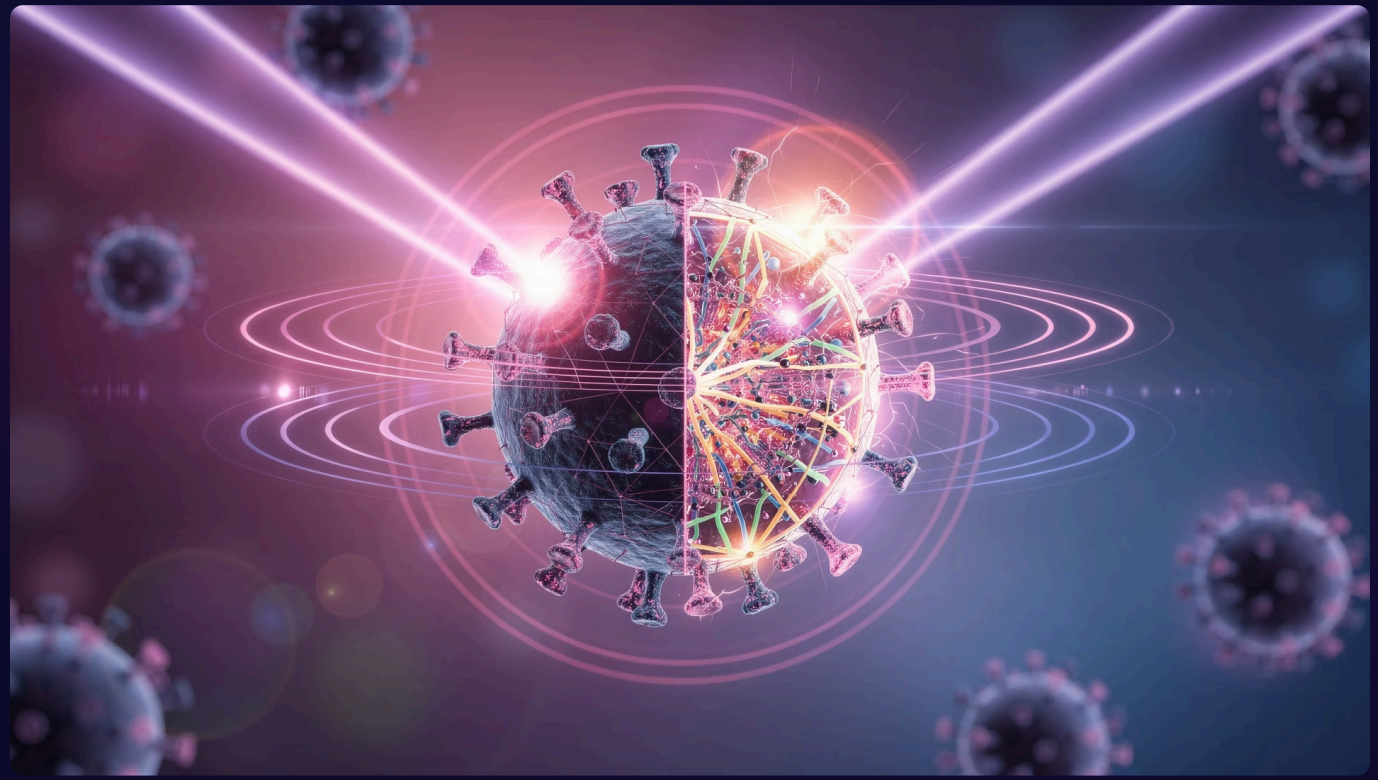
# Lizogenik Döngü — Aktivasyon

## Tetikleyici

Ultraviyole ışınımı gibi çevresel stres etkenleri profajın konak kromozomundan ayrılmasını tetikleyebilir

## Litik Döngüye Geçiş

Ayrılma gerçekleştikten sonra virüs litik döngüye girer; hızla çoğalır ve hücreyi parçalayarak salınır



# İki Döngünün Karşılaştırması

| Özellik | Litik Döngü | Lizogenik Döngü |
| --- | --- | --- |
| Viral genomun durumu | Sitoplazmada serbest ve aktif | Konak kromozomuna entegre (profaj) |
| Konak hücrenin akıbeti | Kısa sürede lizise uğrar ve ölür | Hayatta kalır ve bölünmeye devam eder |
| Çoğalma hızı | Dakikalar içinde tamamlanabilir | Konak hücrenin bölünme hızına bağlıdır |
| Sonuç | Yüzlerce yeni virionun salınımı | Viral genomun konak popülasyonunda yayılması |

# Alışılmış Tanımları Aşan Keşifler: Dev Virüsler

2003 yılında keşfedilen *Mimivirüs* gibi dev virüsler, virüsler hakkındaki anlayışı temelden sarsmıştır:

## Boyut

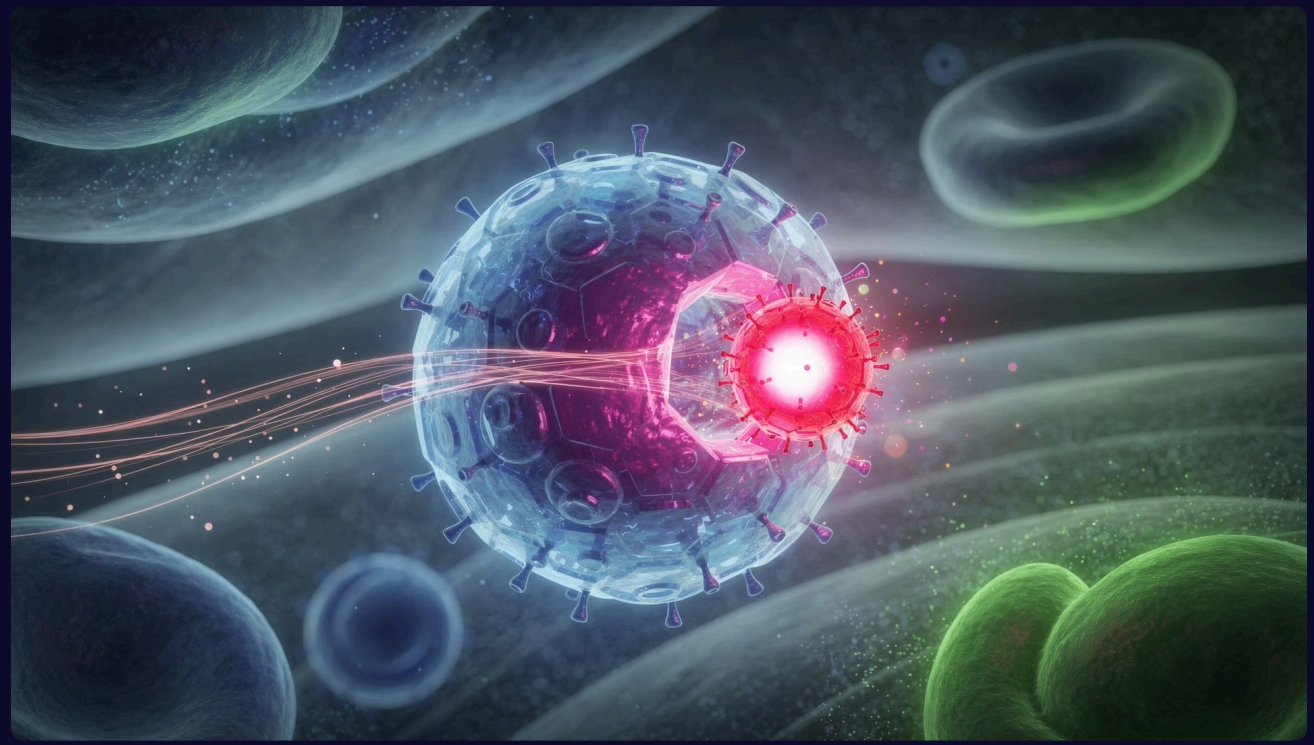
Bazı bakterilerden daha büyüktürler ve ışık mikroskobuyla görülebilirler

## Genomik Karmaşıklık

Genomlarında protein sentezi ve DNA onarımı gibi daha önce yalnızca hücresel organizmalara ait olduğu düşünülen genler bulunur

# Virofajlar: Virüsü Enfekte Eden Virüs

*Sputnik* adı verilen ilk virofaj, dev bir virüsün hücre içinde kurduğu "viral fabrika"yı parazitleyen daha küçük bir virüs olarak tanımlanmıştır.



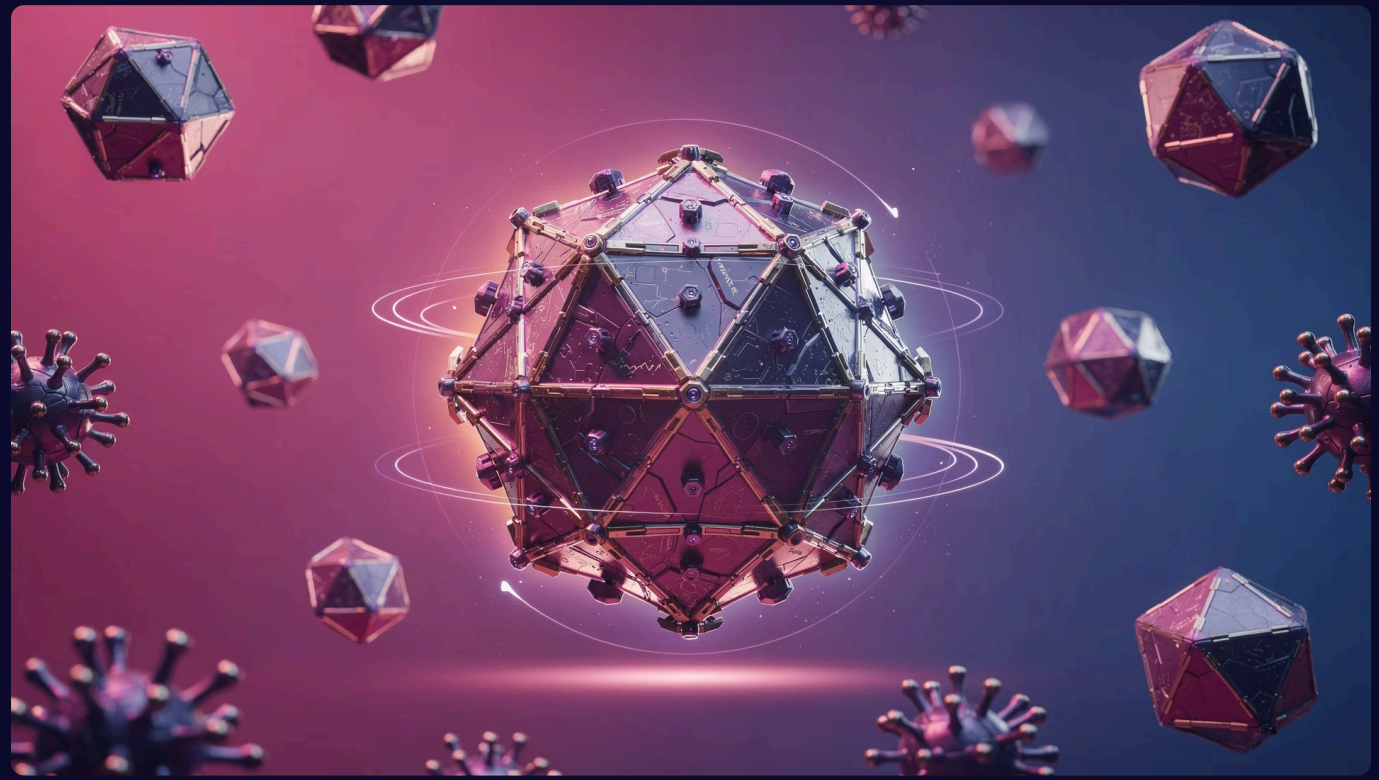
## Bağımlılık

Çoğalmak için dev bir virüsün aynı hücreyi enfekte etmiş olmasına bağımlıdır

## Hayret Verici Karmaşıklık

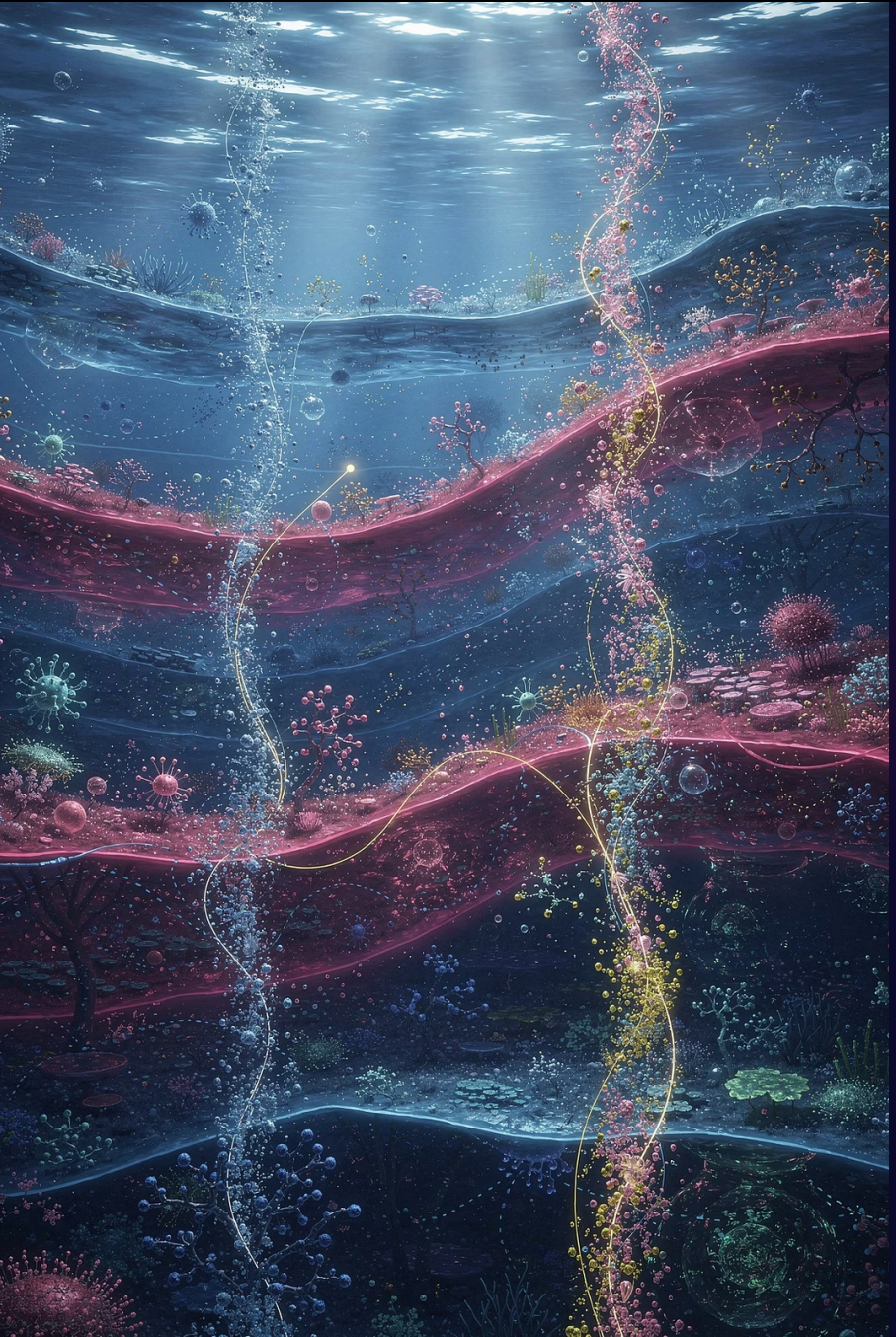
Bir virüsün başka bir virüsü "enfekte etmesi" olgusu, biyolojideki en temel tanımları bile sorgulatan hayret verici bir karmaşıklık katmanını ortaya çıkarmıştır

# "Kendi Kendine Birleşme"nin Ardındaki Sır



> Bu protein alt birimlerine, tam olarak doğru üç boyutlu şekli almalarını ve yalnızca doğru açılarda, doğru yerlerde birleşerek kusursuz bir ikozahedron oluşturmalarını sağlayan **bilgi** nasıl kodlanmıştır?

Fizik ve kimya kanunları, belirli bir bilgi verildiğinde yapının *nasıl* oluşacağını açıklayabilir; ancak işlevsel olmayan milyarlarca ihtimal arasından tam olarak bu sanatlı yapıyı ortaya çıkaran bilginin *kökenini* açıklayamaz.



# Gezegenin Görünmez Düzenleyicileri: Viral Şant

Virüsler yalnızca hastalık etkeni değil; gezegen ölçeğinde görevlendirilmiş düzenleyici unsurlardır.

## Mikrobiyal Lizis

Okyanuslardaki virüsler, mikrobiyal yaşamın büyük kısmını düzenli olarak lizise uğratarak içlerindeki karbon, azot ve fosfor gibi hayati elementleri suya salar

## Viral Şant

Besinler besin zincirine geçmek yerine tekrar mikrobiyal döngüye dâhil edilir

## Ekosistem Dengesi

Okyanuslardaki temel besin döngüleri düzenlenir, atmosferdeki karbondioksit miktarı etkilenir ve ekosistem dengesi korunur

# Tefekkür Ufukları

## Bilginin Kökeni

Eğer virüs cansızsa, bu kadar karmaşık ve işlevsel bir bilgiyi kim kodlamıştır? Eğer canlıysa, kendi enerjisi ve mekanizması olmadan süregelen bu "ödünç alınmış hayat"ın mahiyeti nedir?

## Bütüncül Sistem

Milyarlarca virüsün okyanuslardaki hassas dengeyi bir orkestra gibi düzenlemesi, tekil bir parazitlik eyleminin ötesinde bütüncül bir sistemdeki görev tanımına mı işaret etmektedir?

## Madde ve Bilgi

Madde, kendisinde olmayan bir geometrik planı ve montaj talimatını bu kadar kusursuzca nasıl icra edebilir?